

# Forskningsprosjektet ROCARC

Bjarte Grindheim  
Ph.d. Stipendiat

# Innhald

- Prosjektstyring
- Prosjektmål
- Laboratorieforsøk
- Feltforsøk
- Numerisk modellering
- Kilder

# Prosjektvert og partnerar

- Prosjektvert: IGP, NTNU
- Prosjektleiar: Prof. Charlie C. Li
- Partnerar: IBM, NTNU; Universitetet i Tromsø; Statens Vegvesen; Norsk Bergmekanikkgruppe; SINTEF; NGI; Multiconsult; Norconsult; og NORSAR. HydroCen er ein støttepartner.



**Statens vegvesen**



Multiconsult Norconsult NORSAR HydroCen

# Prosjektleiing

Styreleiar:  
Ute Mann



**ROCARC styre**

**Referansegruppe**

**WP1**  
**Leiing**  
Leiar: Charlie Li

**WP2**  
**Laboratorieforsøk**  
Leiar: Are Høien

**WP3**  
**Feltforsøk**  
Leiar: Leif Lia

**WP4**  
**Num. modellering**  
Leiar: Roger Olsson

**WP5**  
**Formidling**  
Leiar: Nghia Trinh

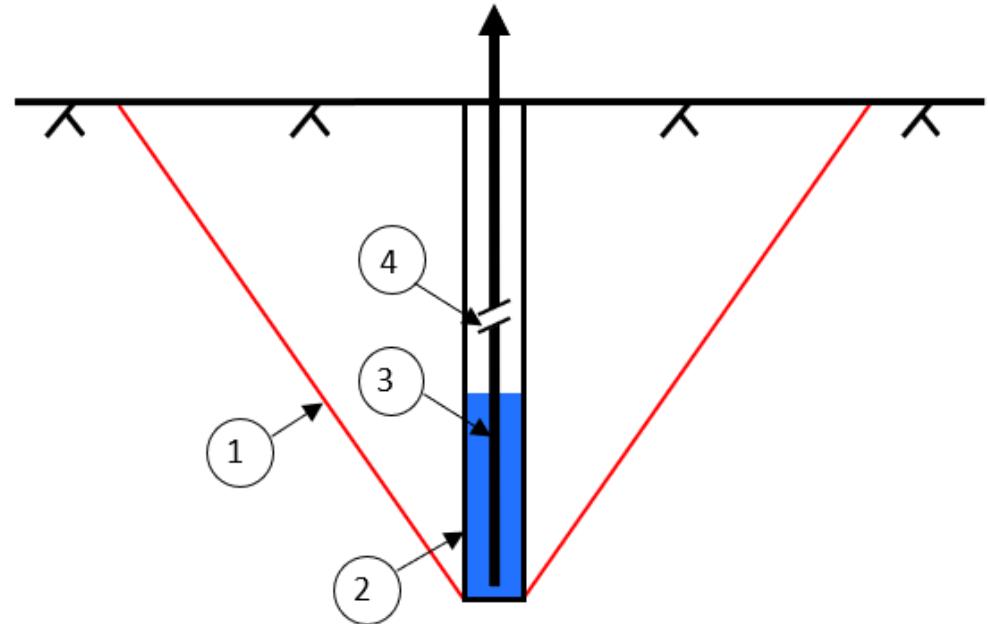


# Prosjektmål

- Det primære målet til prosjektet er å finna ein oppdatert metode for dimensjonering av fjellanker/strekkforankring som førar til ei realistisk og økonomisk løysing til dimensjonering av fjellanker. For å nå dette målet vil prosjektet undersøka:
  - A. Korleis lasta frå forankringa vert overført til bergmassen og korleis bergmassen går i brot;
  - B. Korleis vert den lastberande buen indusert i bergmassen under lasta frå strekkforankringa;
  - C. Korleis vert bindingsstyrken mellom mørtel og berg bestemt;
  - D. Til slutt vil nye retningslinjer for design av strekkforankring bli formulert.

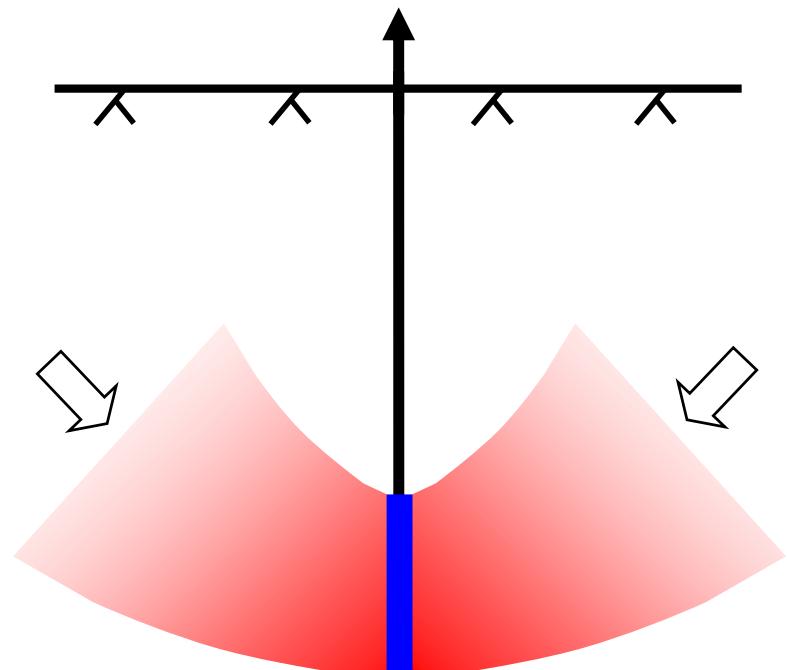
# A. Lastoverføring og brot i bergmassen

- I prinsipp kan strekkforankring gå i brot på 4 måtar:
  1. Brot langs ei konisk overflate i bergmassen.
  2. Brot i bindinga mellom mørtel og berg.
  3. Brot i bindinga mellom stag og mørtel.
  4. Strekkbrot i staget/ankeret.



## B. Lastberande bue

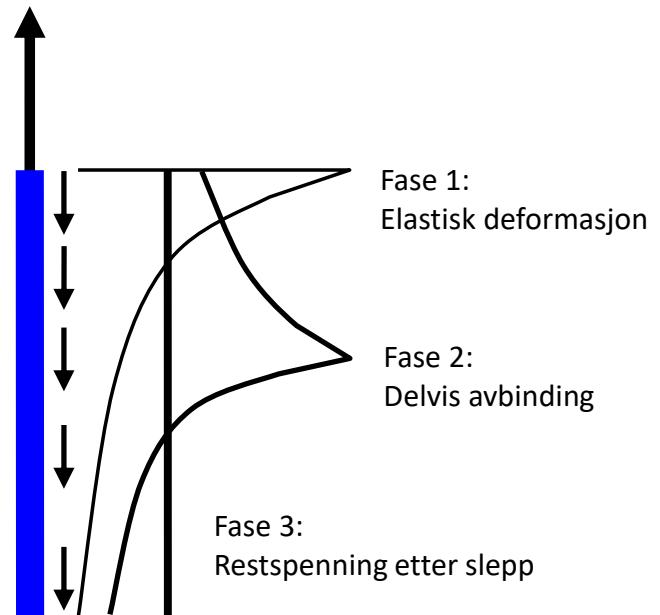
- Når eit stag trekker på bergmassen endrar det både deformasjonen og spenninga.
- Den aksiale forskyvinga førar til at blokkene i bergmassen roterer og ein får danna ein såkalla lastberande bue i den kringliggande bergmassen.



Load arch surrounding the anchor

# C. Bindingsstyrke mørtel-berg

- Dagens dimensjoneringsmetode brukar gjennomsnittleg bindingsstyrke i designet mot brot i bindinga mellom mørtel-berg.
- Fordelinga av skjerkreftene langs bindinga er avhengig av strekkrafta på staget, og kan delast inn i tre fasar:
  1. Elastisk forskyving under låg last. Spenninga avtar eksponentielt mot distal ende.
  2. Avbinding oppstår i den øvre enden av bindinga og propagera innover ved aukande last.
  3. Avbinding langs heile forankringa som resulterer i jamn restskjerspenning langs forankringa.



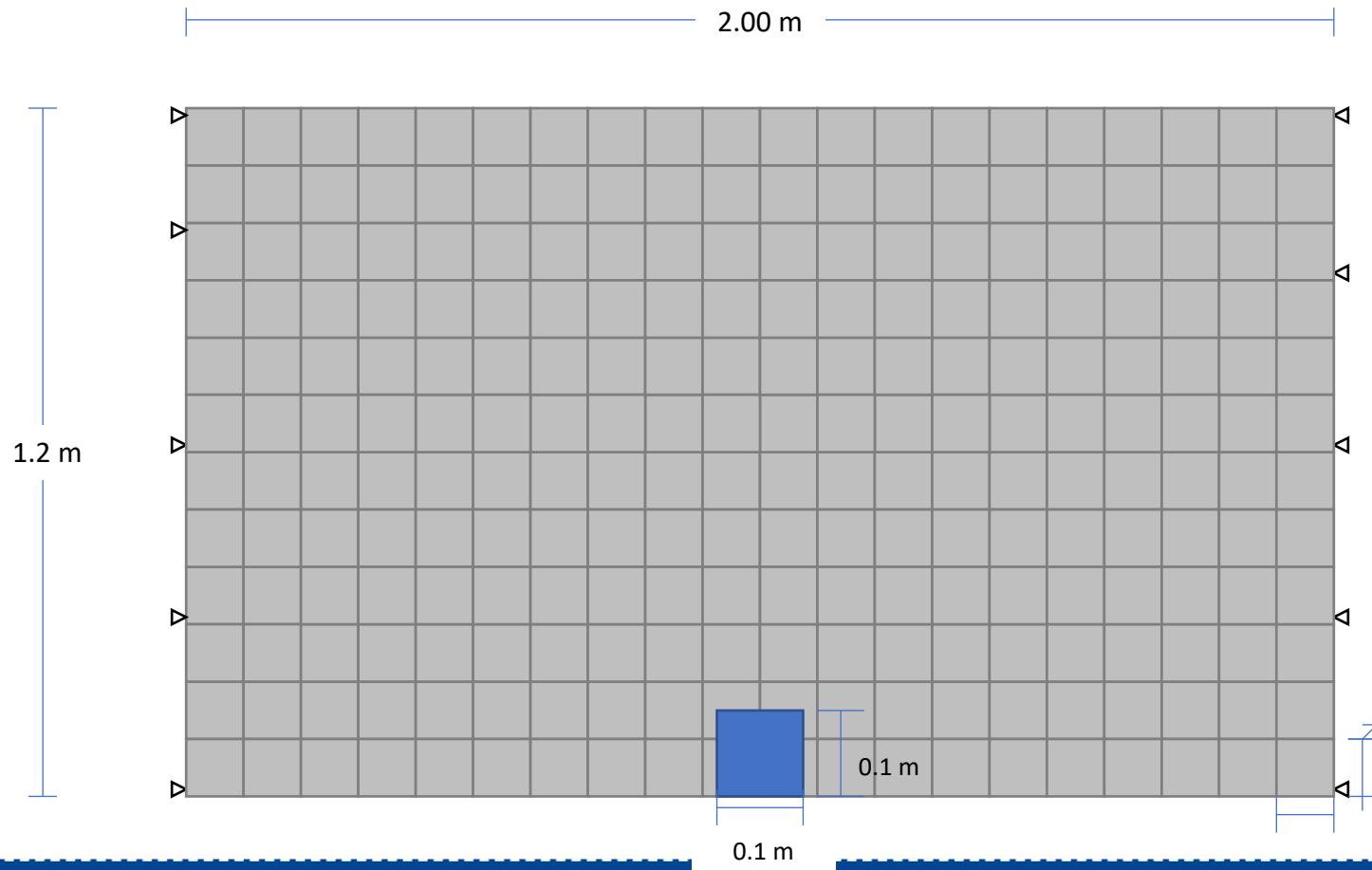
Progressiv brotsutvikling langs  
mørtel-berg grenseflata.

# Laboratorieforsøk

- Det har blitt utvikla ein testrigg som skal simulera opptrekk av fjellanker.
- Riggen kan påføra omsluttingstrykk og overlasting på ein blokkmasse.
- Nedst er det ei ankerblokk som vert pressa opp som skal representera eit anker.
- Skal bli nytta til å auka forståinga om korleis lasta frå strekkforankringa vert overført til bergmassen.

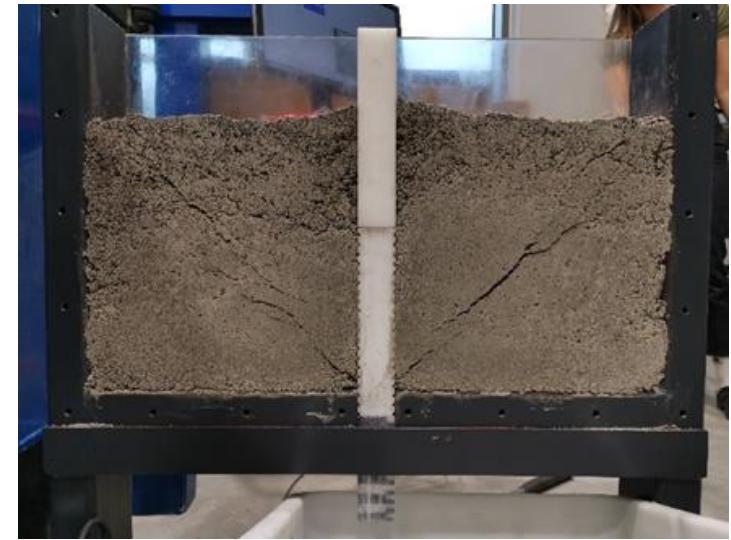


# Skissa av laboratorieforsøket

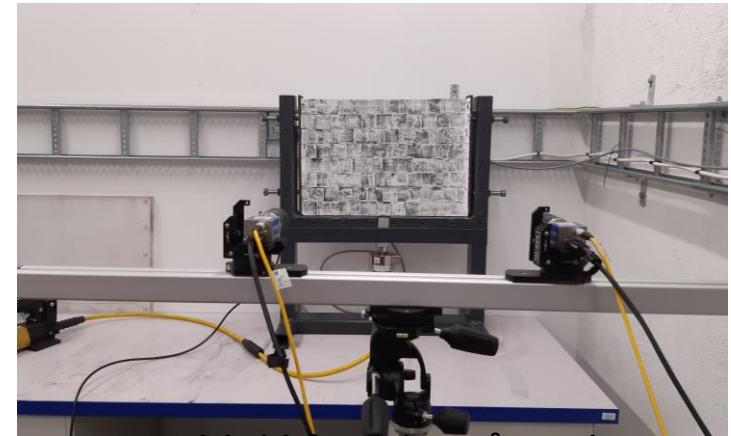


# Laboratorieforsøk: masteroppgårver

- Rigen har vorte forsinka med 1,5 år som har påverka eit par masteroppgårver i prosjektet.
- Det har derfor vorte utvikla ein mini-rigg som har vorte nytta til å teste strekkforsøk med lausmasse og blokker.



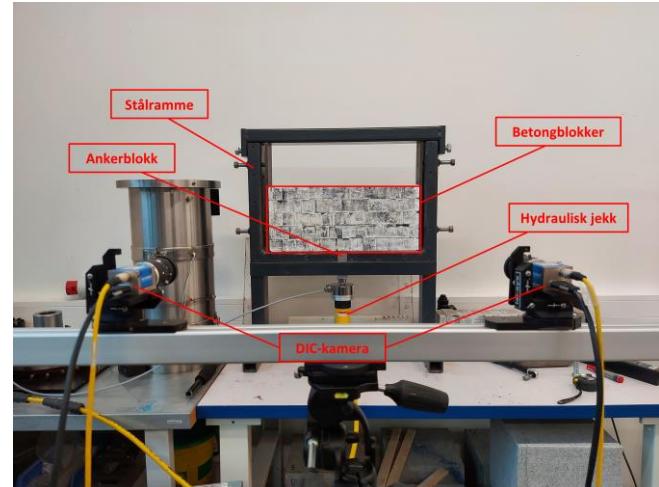
Tydeleg konisk brotfrom. Frå Høgset (2021).



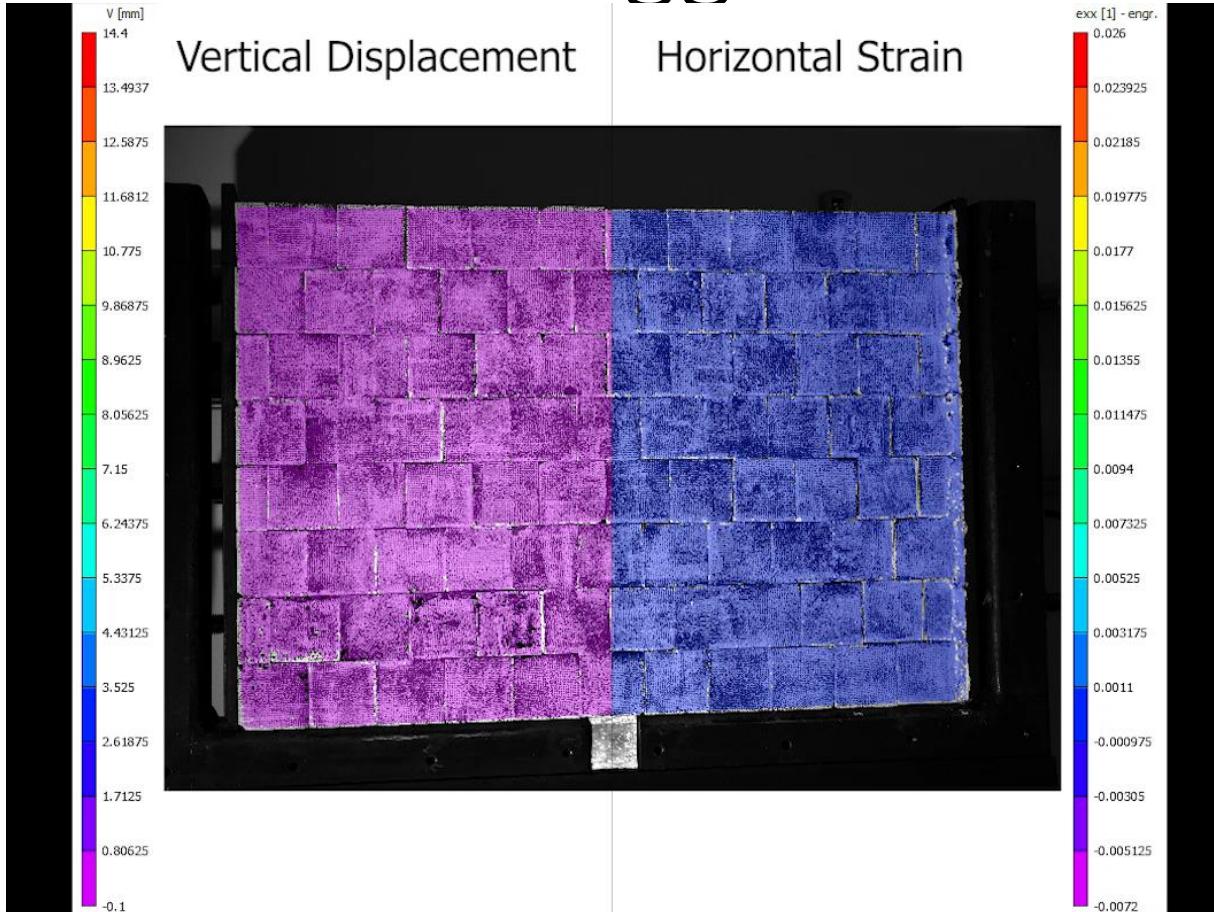
Oppsett blokkforsøk. Frå Aasbø (2021).

# Laboratorieforsøk: blokkforsøk i mini-testriggen

- Laboratorieforsøka vart overvaka av to DIC-kamera.
  - Gjer det mogleg å plotte deformasjonen for heile blokkmassen.
- Blokkmodellen viste at det vart indusert lastberande buar i kvart lag under testen.
- Blokkene fekk ei konisk brotform.
  - Brotforma kan ha blitt påverka av blokkmønsteret.
  - Fleire blokkmønster skal testast i den store riggen.



# Video frå DIC programvara av ein blokktest i mini-riggen

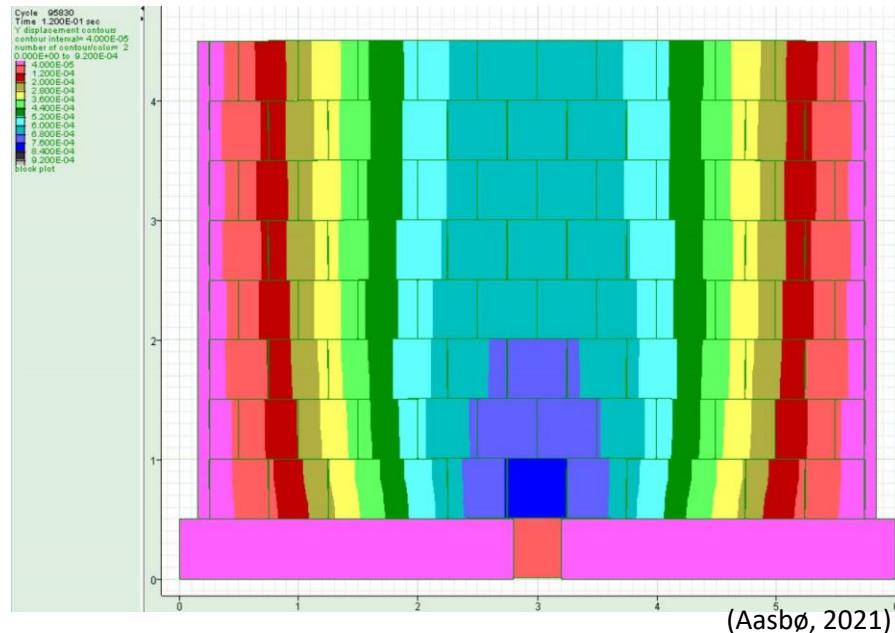


# Lastberande bue

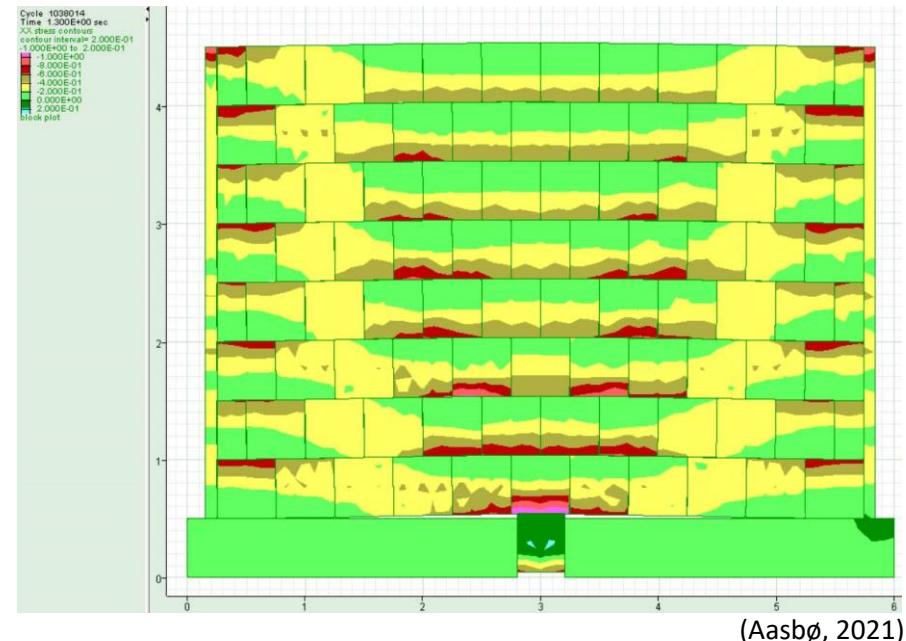


Observert lastberande bue i kvart lag frå analyse i DIC-programvara. Frå Aasbø (2021).

# Numerisk modellering av blokkforsøk i UDEC



# Vertikalforskyving



# Horisontalspenning

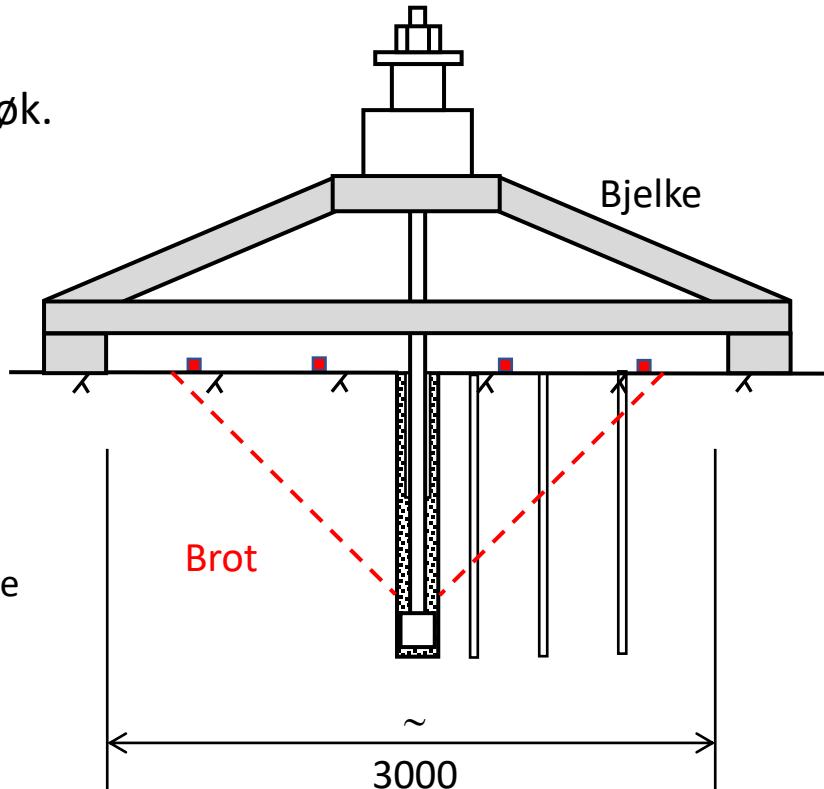
# Feltforsøk

- Utførte fullskala opptreksforsøk i gruva til Verdalskalk i Tromsdalen, oktober 2021.
- Hensikta var å teste bindingsstyrken mellom stag-mørtel og mørtelberg.
- Resultata frå testane var lovande.



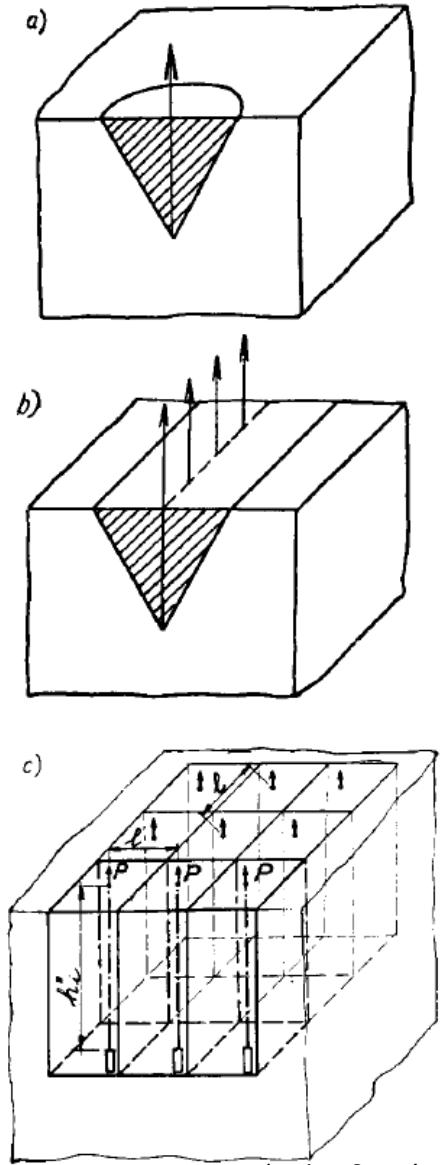
# Feltforsøk 2022

- Seinare i år skal me gjennomføra nye feltforsøk. Der me skal undersøka brotforma til bergmassen rundt fullskala forankring.
- Då er det viktig at bergmassen ikkje vert komprimert av jekken, sidan dette vil virke forsterkande på bergmassen.
- Målingar som vil bli gjort:
  - Deformasjon på overflata (LVDT).
  - Deformasjon i bergmassen rundt staget (ekstensometer).
  - Spenningsmålingar for overvaking av lastberande bue (lastceller).
  - Seismiske målingar for lokalisering av brotflata (geofonar).
  - Samt last og forskyving av staget.
- Dette vil gi oss betre forståing av korleis bergmassen rundt strekkforankring vert påverka.



# Numerisk modellering

- Alle feltforsøka vil bli brukt til kalibrering av numeriske modellar i 3DEC og ABACUS.
- Deretter vil me modellere ulike scenario.
- Eksempel på scenario:
  - a) Full skala forankring (5-20 m stag).
  - b) Linje med anker.
  - c) Grid med anker.



(Hobst & Zajíc, 1983)

# Kilder

- Aasbø K.S. (2021) Laboratory tests and numerical modeling of block models for evaluation of rock mass behaviour when subject to an anchoring load. Masteroppgåve, NTNU.
- Hobst L., Zajíc (1983) Anchoring in rock and soil. Elsevier Scientific Publishing Company, New York, USA.
- Høgset H.M. (2021) A Study of Failure in Frictional and Low-Cohesive Materials under the Load og Ground Anchors through Small-Scale physical model tests and numerical simulations. Masteroppgåve, NTNU.

Då håper eg litt ny kunnskap har  
forankra seg hjå dykk. Takk for meg!

